

Zdeněk PEŘINA¹, Filip ČMIEL²

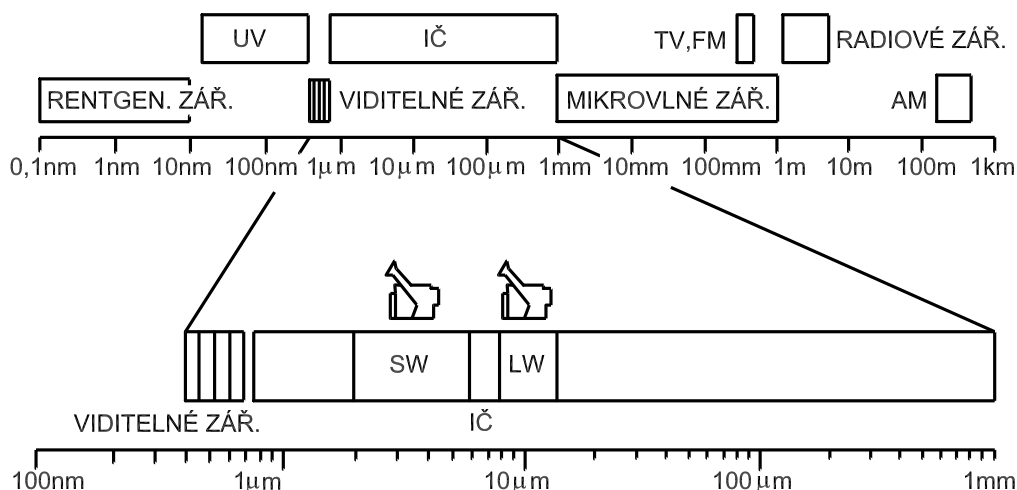
TERMOGRAFIE A JEJÍ MOŽNOSTI VYUŽITÍ PRO DIAGNOSTIKU PORUCH

Abstract

This article deals with basic possibilities of application thermography for failure analysis in civil engineering.

ÚVOD

Termografie je zobrazovací technika využívající k vytvoření obrazu (termogramu) změny fyzikálních nebo chemických vlastností tepelně citlivých látek.



Blízká oblast 0,75 μm - 2 μm NWIR (Near Wave IR)

Krátká oblast 2 μm - 3 μm SWIR (Short Wave IR)

Střední oblast 3 μm - 5 μm MWIR (Middle Wave IR)

Vzdálená oblast 5 μm - 15 μm LWIR (Long Wave IR)

Velmi vzdálená oblast 15 μm - 1 mm VLWIR (Very Long Wave IR)

Obr.1 Elektromagnetické spektrum

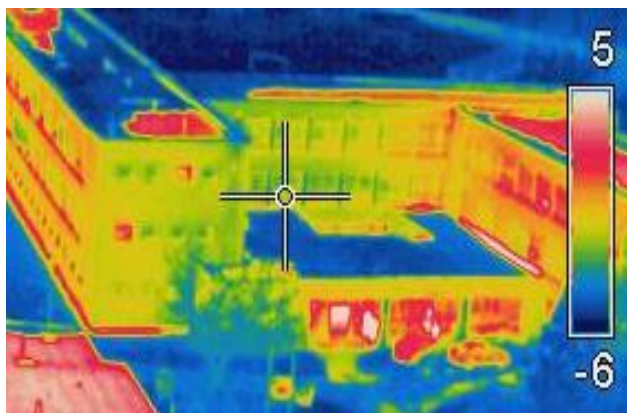
Elektromagnetické spektrum je rozděleno podle vlnových délek do několika skupin, kterým se říká vlnová pásma. Termografie využívá vlnové pásmo infračerveného (IČ) záření. Hranice začátku pásma krátkovlnného IČ záření je tam, kde končí viditelné. Hranice konce pásma dlouhovlnného IČ záření je tam, kde začíná pásmo mikrovlnných vlnových délek, tj. v pásmu několika milimetrů vlnové délky. Vlnové pásmo IČ záření je ještě často děleno do dalších menších pásem, které mají rovněž stanovené hranice.

¹ Ing., VŠB-TUO, FAST, Katedra pozemního stavitelství, Ludvíka Podéště 1875, 708 33 Ostrava-Poruba, e-mail: zdenek.perina@vsb.cz

² Ing., VŠB-TUO, FAST, Katedra pozemního stavitelství, Ludvíka Podéště 1875, 708 33 Ostrava-Poruba, e-mail: filip.cmiel@vsb.cz

Jsou to tato pásma: blízká IČ ($0,75\text{--}2\text{ }\mu\text{m}$), krátká IČ ($2\text{--}3\text{ }\mu\text{m}$), střední IČ ($3\text{--}5\text{ }\mu\text{m}$), vzdálená IČ ($5\text{--}15\text{ }\mu\text{m}$) a velmi vzdálená ($15\text{--}100\text{ }\mu\text{m}$).

Termografie sama o sobě nemůže přímo ukázat jaký je tepelný odpor konstrukce nebo vzduchotěsnost objektu. Pokud je požadována kvantifikace tepelného odporu, nebo vzduchotěsnosti, musí být použita doplňující měření. Termografický rozbor objektů je založen na určitých předpokladech či okrajových podmínkách vztažených k teplotám a tlakům.



Obr.2 Termovizní snímek objektu Fakulty stavební

Podrobnosti, profily a kontrasty termogramu se často mění se změnami těchto podmínek. Při hlubším rozboru a vyhodnocení termogramů je proto nezbytné mít určité vědomosti a znalosti takových hledisek jako jsou materiálové a konstrukční provedení, vliv prostředí (atmosféry) a znalosti o nejnovější měřicí technice. Pro stanovení výsledků měření existují speciální požadavky na schopnosti a zkušenosti s použitím techniky, jako je autorizace národních či regionálních normalizačních orgánů.

Ve stavebně konstrukčních aplikacích se termografie používá pro rozbor změn teplot na površích a konstrukcích. Při určitých podmínkách změny tepelného odporu konstrukce vyvolávají změny teplot na površích. Proniknutí studeného (nebo teplého) vzduchu konstrukcí také způsobuje změny v teplotách povrchů. To znamená, že mohou být zaměřovány a vyšetřovány závady v izolacích, tepelných mostech a infiltrace vzduchu do stavebních prvků a částí konstrukcí objektů.

TERMOGRAFICKÉ SYSTÉMY PRO STAVEBNÍ SEGMENT

Pro stavební (building) segment se v současné době používají termografické systémy s nechlazenými FPA mikrobolometrickými detektory se spektrálním rozsahem $7,5\text{--}12\text{ }\mu\text{m}$ s citlivostí od $0,08^\circ\text{C}$ při teplotě 30°C .

Jednotlivé termografické systémy se pak odlišují velikostí mikrobolometrického detektoru, citlivostí, přesností, rozsahem měřených teplot, I/O rozhraním apod. Tyto parametry pak termografické systémy předurčují k různým způsobům využití.

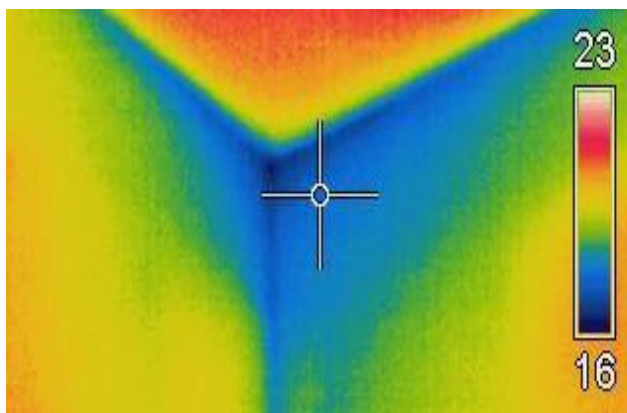


Obr.3 Termovizní kamery

TYPICKÉ APLIKACE PRO DIAGNOSTIKU PORUCH VE STAVEBNICTVÍ

Zjišťování vlhkosti, plísní a poškození vodou

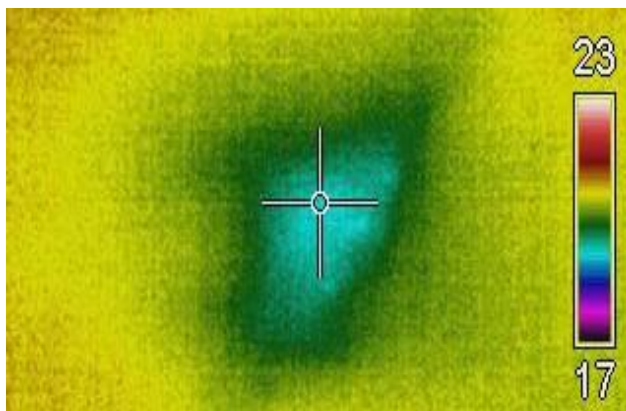
- ❑ Závady na objektech odpovídající poškozením vlhkostí a poškozením vodou mohou být zobrazeny pouze tehdy, když je zahřát povrch, např. sluncem.
- ❑ Změny (obsahu) vody ve stavebních materiálech mají za následek změny jejich tepelných vodivostí a tepelného objemu. To může způsobit také změny teploty povrchu v důsledku evaporačního ochlazování. Tepelná vodivost je schopnost pro vedení tepla, zatímco tepelný objem je schopnost „ukládat“ teplo.
- ❑ IČ termografie nemůže detekovat přítomnost plísní, používá se pro zjišťování vlhkostí, tedy míst, kde může docházet ke vzniku plísní. Plísně potřebují pro svůj vznik vhodné vlhké prostředí s teplotami od +4 do +38 °C. Prostředí s vlhkostí nad 50% může být vhodným prostředím pro vznik plísní.



Obr.4 Termovizní snímek

Zjišťování infiltrace vzduchu a závad tepelných izolací

- ❑ Pro přesná měření IČ kamerou je nutné změřit teplotu a vložit tuto hodnotu do kamery.
- ❑ Je doporučeno, aby byly rozdíly tlaku mezi vnitřními a vnějšími částmi objektu, což usnadní rozbor termogramů a odhalí chyby (nedostatky), které by nebylo možné zjistit jinak. I když je doporučen rozdíl tlaků (podtlak) 10 – 50 Pa, je možné akceptovat i nižší hodnotu. Je vhodné, aby rozdíl teplot mezi vnitřní a vnější teplotou byl 10 – 15 °C, ale je možné IČ termografii realizovat také při menších rozdílech teplot, rozbor termogramů je pak dosti obtížný.



Obr.5 Termovizní snímek

- ☐ Měření je nevhodné provádět pokud na objekt, nebo jeho měřenou část, svítí slunce. Sluneční záření způsobí vyrovnání případných teplotních rozdílů a bude tak zakrývat chyby v konstrukci objektu. Jarní období s nízkými nočními teplotami ($\pm 0\text{ }^{\circ}\text{C}$) a vysokými denními teplotami ($+14\text{ }^{\circ}\text{C}$) není vhodné pro tento typ měření.

Zjišťování vlhkosti

Vznik vlhkosti ve stavebních konstrukcích může mít několik příčin.

- ☐ Průsaky z vnějšku - velká voda (záplavy), netěsnosti (požárních) hydrantů apod.
- ☐ Průsaky z vnitřku – netěsnosti vodních a odpadních vedení.

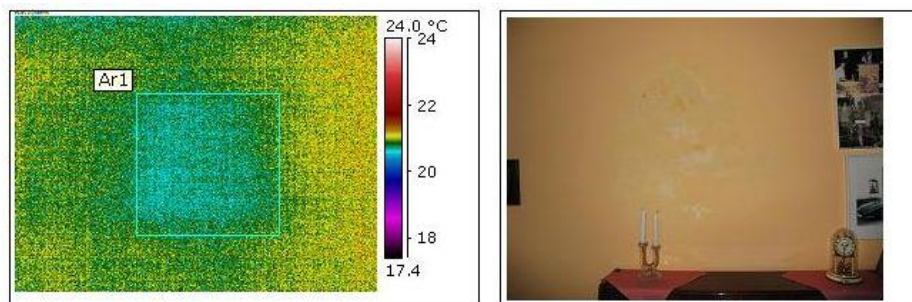


Obr.6 Termovizní snímek

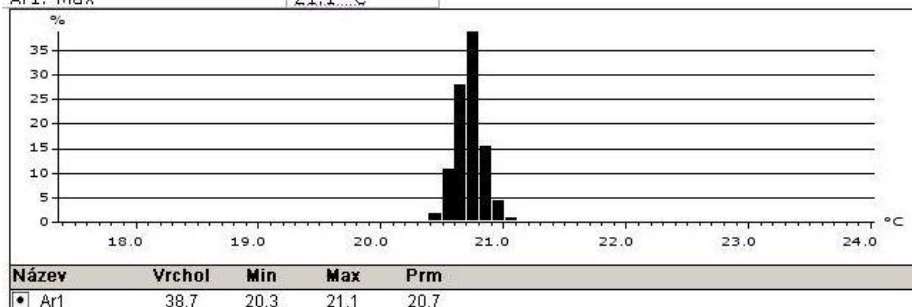
- ☐ Kondenzace – vysoká vlhkost vzduchu, který se sráží v podobě vody na studených površích.
- ☐ Vlhkost stavebních konstrukcí - vlhkost ve stavebních materiálech a prvcích, která vznikla před montáží objektu.
- ☐ Zbylá vlhkost po hašení požáru apod.

VYHODNOCOVÁNÍ TERMOGRAMŮ

Hlavním účelem IČ termografie je vyhledávání závad v tepelné izolaci vnějších stěn a určení jejich druhu a rozsahu. Může být také řečeno, že účelem měření je ověření, zda kontrolované stěny mají předpokládané (stanovené) izolační schopnosti a charakteristiky (vzduchotěsnosti). Požadované izolační schopnosti (charakteristiky) zdí a stěn ve vztahu k jejich projektu a konstrukčnímu provedení mohou být převedeny na očekávané rozložení povrchových teplot na vyšetřovaných površích, kdy jsou známy podmínky v době měření.



Parametry objektu	Hodnota
Teplota atmosféry	20.0 °C
Podrobnosti	Hodnota
Ar1: Max	21.1 °C



Komentář:

V ploše obvodové stěny v místě poruchy jsou patrný nižší povrchové teploty, což se projevuje zvýšenou kondenzací vodní páry. Příčinu bude nutno určit sondou z venkovní strany. Teprve pak bude možno provést opatření k nápravě.

Návrh:

Zřejmě bude třeba zvětšit tloušťku tepelné izolace – v rámci nového dodatečného zateplení celé stěny.

Obr.7 Ukázka vyhodnocení termogramu

Při hodnocení termogramu má být přihlédnuto k:

- ☐ rovnoměrnosti jasu termogramů povrchů, kde nejsou tepelné mosty,
- ☐ pravidelnosti výskytu ochlazovaných oblastí, např. na rozpěrách a v koutech,
- ☐ charakteristickým tvarům v ochlazovaných oblastech,
- ☐ změřeným rozdílům teplot mezi oblastí s normální teplotou povrchu a ochlazovanou oblastí povrchu,
- ☐ spojitosti a jednotnosti izotermálních čar na povrchu konstrukce, v softwaru kamer se tato funkce izotermie (podle typu kamery) nazývá Isoterm nebo Color alarm.

Odchytky a nepravdivosti v termogramu většinou ukazují na závadu v izolaci. Velké změny v termogramech mohou naznačovat závažné nedostatky či závady v izolacích.

VÝHODY A NEVÝHODY DIAGNOSTIKY ZÁVAD TERMOGRAFIKÝMI SYSTÉMY

Výhody	Nevýhody
Tato metoda je rychlá	Pomocí této metody je možné zjišťovat pouze rozdíly teplot na površích – není možné se „dívat do stěn“
Tato metoda je nedestruktivní	Touto metodou není možné zjišťovat závady či poškození v konstrukcích a plísň
Tato metoda nevyžaduje „přesídlování“ obyvatel objektu	
Tato metoda poskytuje vysvětlující vizuální zobrazení závad	
Tato metoda potvrzuje chyby a nedostatky a je možné zobrazit (určit) „pohyb“ vlhkostí	

Reviewer: Doc.Ing.arch. Josef Šamánek, CSc.